

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. März 2004 (11.03.2004)

PCT

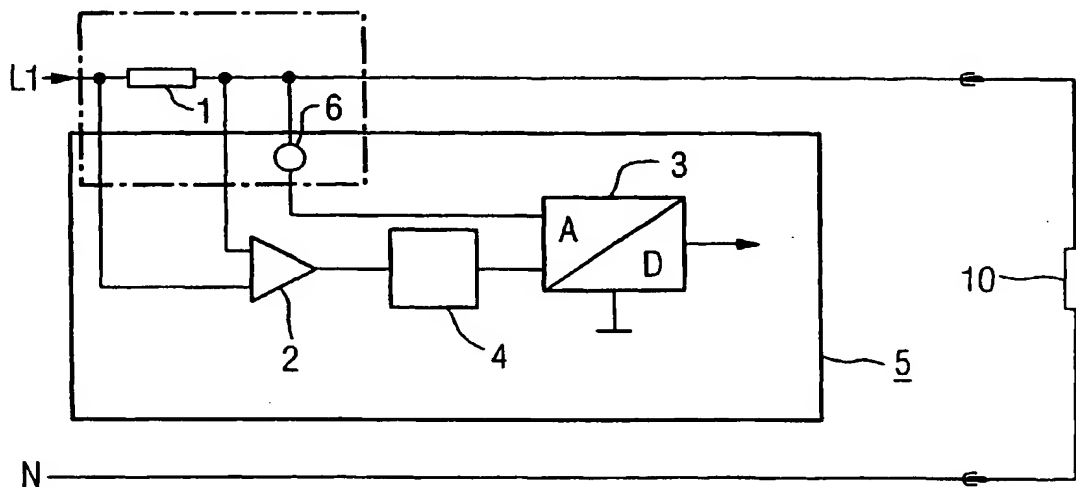
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/021021 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01R 19/00 (72) Erfinder; und
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002660 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MAIER, Reinhard [DE/DE]; Anna-Herrmann-Strasse 54, 91074 Herzogenaurach (DE). RUPP, Jürgen [DE/DE]; In der Reuth 105, 91056 Erlangen (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 7. August 2003 (07.08.2003)
(25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESellschaft; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität: 102 37 920.3 14. August 2002 (14.08.2002) DE (81) Bestimmungsstaat (national): US.
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESellschaft [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE). (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND CIRCUIT ARRANGEMENT FOR CURRENT MEASUREMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR STROMMESSUNG



(57) Abstract: A method with corresponding circuit arrangement is disclosed, whereby for evaluation of a measured signal arising as an analogue value with a potential greater than zero potential in a measuring device requiring a supply current, the measured information therefrom is transmitted as a digital signal to an analytical unit lying at earth potential after an A/D conversion. The generated digital signal thus provides the clock signal for a modulation of the supply current and thus also carries out the function of the carrier for the information content of the measured signal. According to the invention, curved characteristic lines for compression/decompression of the signals are used. Suitable means for temperature compensation are similarly provided.

(57) Zusammenfassung: Vorbeschrieben ist ein Verfahren mit zugehöriger Schaltungsanordnung, bei denen zur Auswertung eines Messsignals, das auf gegenüber Nullpotential höherem Potential in einer Messeinrichtung, die einen Versorgungsstrom benötigt, als Analogwert anfällt und dessen Messinformation nach einer A/D-Wandlung als Digitalsignal zu einer auf Erdpotential liegenden Auswerteeinheit übertragen wird. Dabei liefert das erzeugte Digitalsignal den Takt für eine Modulation des Versorgungsstromes und erfüllt somit gleichermaßen die Funktion des Trägers für den Informationsgehalt des Messsignals. Gemäß der Erfindung werden gekrümmte Kennlinien zur Kompression/Dekompression der Signale verwendet. Gleichermäßen sind geeignete Mittel zur Temperaturkompensation vorhanden.

WO 2004/021021 A2



Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Verfahren und Schaltungsanordnung zur Strommessung

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Strommessung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Daneben bezieht sich die Erfindung auch auf die zugehörige Schaltungsanordnung.
- 10 Eine bekannte Methode zur Strommessung besteht darin, den Spannungsabfall über einen Shunt-Widerstand zu messen. Zur Messung werden in modernen Mess- und Schaltgeräten häufig Digital-Analog-Wandler (ADC's) verwendet, die das analoge Messsignal in einen digitalen Messwert wandeln. Dabei können folgende Probleme auftreten:
- 15 a) Das Messsignal weist einen hohen Dynamikbereich auf, da kleine Ströme ($< 10\%$ Nennstrom) noch mit akzeptabler Auflösung gemessen werden müssen und große Ströme (≥ 10 -facher Nennstrom) auch noch erfasst werden müssen.
- 20 b) Die Genauigkeit darf durch den Einfluss der Umgebungstemperatur nicht unzulässig beeinträchtigt werden.
- c) Die elektronischen Komponenten (ADC, Prozessor, etc.) müssen mit Strom versorgt werden. Häufig sind dabei zwei (galvanisch) getrennte Stromversorgungen nötig, da Komponenten sowohl auf niedrigem Potential (N-Potential oder künstlicher Sternpunkt) als auch auf hohem Außenleiter-Potential vorhanden sind.
- 25 d) Außer dem Außenleiterstrom muss häufig auch noch die Außenleiterspannung gegen N-Potential gemessen werden.
- 30 e) Bei Überlast oder Kurzschluss muss der Hauptstromkreis abgeschaltet werden.

Aus der älteren, nicht-vorveröffentlichten DE 101 05 982 A1 der Anmelderin ist ein Verfahren der eingangs genannten Art bekannt, bei dem ein Messsignal auf gegenüber Nullpotential höherem Potential liegt und eine Messeinrichtung vorhanden ist, die einen Versorgungsstrom benötigt, wobei das Messsig-

35

nal als Analogwert anfällt und dessen Messinformation nach einer A/D-Wandlung als Digitalsignal zu einer auf Erdpotential liegenden Auswerteeinheit übertragen wird und wobei nach der A/D-Wandlung des Messsignals das erzeugte Digitalsignal den Takt für eine Modulation des Versorgungsstromes liefert, der somit gleichermaßen die Funktion des Trägers für den Informationsgehalt des Messsignals erfüllt. Zur Beherrschung vorgenannter Problempunkte werden dabei folgende Maßnahmen ausgeführt:

- 10 a) Hohe Dynamik: Es werden Analog-Digitalwandler mit linearer Kennlinie und entsprechend hoher Auflösung (Bitzahl) verwendet.
- b) Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Genauigkeit: Es werden für den Shunt (teuere) Speziallegierungen gewählt,
15 die einen kleinen Temperaturkoeffizienten aufweisen.
- c) Die Spannung wird entweder über Spannungswandler, d.h. transformatorisch, oder über Spannungsteiler direkt einem ADC auf niedrigem Potential zugeführt.
- 20 Von letzterem Sachverhalt ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, bei einem Verfahren der eingangs genannten Art technische Verbesserungen vorzuschlagen und hierzu eine geeignete Schaltungsanordnung zu schaffen.
- 25 Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Maßnahmen der Verfahrensansprüche gelöst. Zugehörige Schaltungsanordnungen sind in den Sachansprüchen angegeben.

Die Erfindung ist im Wesentlichen durch folgende Maßnahmen bzw. Merkmale gekennzeichnet:

- 30 a) Dynamik: Der ADC wird nicht mit einer linearen, sondern mit einer gekrümmten Kennlinie realisiert. Dadurch wird das Messsignal komprimiert und für die gleiche Dynamik reicht eine geringere Bitzahl aus. Dieses Verfahren, welches unter dem Begriff Kompression bekannt ist, soll so
35 vorteilhaft auf die Strommessung angewandt werden. Mögliche Kennlinien sind logarithmische Kennlinien (mit beson-

derer Nullpunktsbehandlung), die den Vorteil einer konstanten, relativen Genauigkeit, d.h. Fehler bezogen auf Messwert, haben, oder eine Wurzelfunktion, die den Vorteil einer einfachen Expansion durch Quadrieren, z.B. in einem Mikrocontroller, bietet.

b) Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Genauigkeit:

Für den Shunt wird keine spezielle Widerstandslegierung gewählt, sondern ein Stück ohnehin vorhandener Schiene aus Leitermaterial verwendet. Zur lokalen Widerstandserhöhung (für den Shunt) wird der Querschnitt durch Verengungen vermindert. Der hohe Temperaturkoeffizient von Kupfer wird kompensiert, indem der ADC über eine Referenzspannung verfügt, die einen möglichst gleich großen und gleichlaufenden Temperaturkoeffizienten aufweist. Die Messeinheit, die ohnehin auf hohem Potential liegt, kann in gutem thermischen Kontakt mit der verwendeten Kupferschiene montiert werden, so dass beide auf gleichem Temperaturniveau liegen.

c) Spannungsversorgung: Gegenstand der bereits erwähnten

DE 101 05 982 A1 mit der Bezeichnung "Verfahren zur Auswertung eines Messwertes und zugehörige Schaltungsanordnung" ist unter anderem ein Verfahren zur Strommessung auf Potential, bei dem der Versorgungsstrom der auf Potential liegenden Komponenten direkt aus dem Netz zu beziehen und den Messwert durch Modulation des Versorgungsstromes auf niedriges Potential zu übertragen. Diese Grundidee kann nunmehr vorteilhaft dahingehend erweitert werden, dass neben dem Versorgungsstrom der Komponenten auf hohem Potential auch der Versorgungsstrom der auf niedrigem Potential liegenden Komponenten aus dem Netz direkt bezogen wird. Um die Verlustleitung nicht unnötig hoch werden zu lassen, können die Spannungsteiler auch teils mit ohmschen Widerständen, teils mit Kondensatoren realisiert werden.

d) Außenleiterspannungsmessung: Die Außenleiterspannung wird mit Hilfe eines ohnehin vorhandenen Spannungsteilers gemessen. Dazu wird entweder der Spannungsabfall am oberen Widerstand R_{Lx} einem zusätzlichen Kanal der Messeinrich-

tung auf Potential zugeführt oder, der Spannungsabfall am unteren Widerstand R_x auf einem ADC der Auswerteeinrichtung auf niedrigem Potential. Hierzu wird im Einzelnen auf die weiter unten beschriebene Figur 6 verwiesen.

5

Gegenüber dem Stand der Technik werden mit der Erfindung insbesondere folgende Vorteile erzielt:

- a) Hohe Dynamik: Das vorgeschlagene Verfahren hat den Vorteil, dass preisgünstigere ADCs verwendet werden können, die nicht über den gesamten Messbereich eine hohe Auflösung bereitstellen müssen.
- b) Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Genauigkeit: Das vorgeschlagene Verfahren hat den Vorteil, dass keine teure Speziallegierung verwendet werden muss, sondern ein Stück ohnehin vorhandene Schiene aus Leitermaterial benutzt wird. Außerdem entfällt die Befestigung (Schrauben, Nieten) der Widerstandselementes am Kupfer. Trotzdem wird durch die Temperaturkompensation eine hohe Messgenauigkeit erreicht.
- c) Spannungsversorgung: Das vorgeschlagene Verfahren hat den Vorteil, dass Kosten, Gewicht und Platzbedarf verringert wird.
- d) Der Spannungsabfall an den Widerständen fällt bei der beschriebenen Strommesseinrichtung ohnehin an und kann somit mit einfachen Mitteln und kostengünstig für die zusätzliche Spannungsmessung benutzt werden.

20
25
30

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus nachfolgender Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung in Verbindung mit den Patentansprüchen. Es zeigen

35

Figur 1 die Anordnung einer Messeinrichtung mit einem auf hohen Potential liegendem Shunt und des Shuntwiderstandes,

Figur 2 ein logarithmisch komprimierter Code zur Verwendung bei der Messeinrichtung gemäß Figur 1,

Figur 3 einen logarithmisch expandierter Messwert zur Verwendung bei der Messeinrichtung gemäß Figur 1,

Figur 4 einen entsprechend einer Quadratwurzelkurve komprimierten Code als Alternative zur Figur 2,

5 Figur 5 einen entsprechend einer Quadratfunktion expandierten Messwert als Alternative zu Figur 3

Figur 6 eine Anordnung für die Strom- und Spannungsmessung in einem Dreiphasensystem und

10 Figur 7 eine alternative Anordnung mit Mitteln zur Kurzschluss- und/oder Überlastabschaltung.

Nachfolgend wird im Wesentlichen von der älteren DE 101 05 982 A1 ausgegangen, deren Offenbarungsgehalt Teil des vorliegenden Anmeldungsgegenstandes ist. Unabhängig davon
15 ist der Anmeldungsgegenstand aber in verallgemeinerter Form auf eine Strom- und Spannungsmessung anwendbar.

In der Figur 1 ist eine vorteilhafte Anordnung von Shuntwiderstand und Messeinrichtung gezeigt. Entsprechend der Figur
20 1 der DE 101 05 982 A1 ist ein Shunt 1 in einer auf hohen Potential liegenden Phase L1 vorhanden, von dem die Messspannung U_{diff} 1 über einen Verstärker 2 auf einen Analog-Digital-Wandler 3 als Teil einer Messeinrichtung 5 gegeben wird. Die Spannungsdifferenz U_{diff} , die als Maß für den Strom durch den
25 Shunt 1 gilt, wird vom Analog/Digital-Wandler(ADC) 3 in einen binären Messwert gewandelt und als Binärsignal auf Erdpotential übertragen. Dem ADC 3 ist eine Einheit 4 zur Signalkompression vorgeschaltet, mit der in kostengünstiger Weise insbesondere einer großen Signaldynamik Rechnung getragen werden
30 kann, wobei das Binärsignal nach seiner Übertragung einer umgekehrten Expansion unterzogen wird. Letzteres kann softwaremäßig in der diesbezüglichen Auswerteeinheit, insbesondere im üblicherweise vorhandenen Mikrocontroller, auf Erdpotential erfolgen.

35

Bei Strommessungen über einen Shunt ist der Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Genauigkeit bekannt und nicht zu

vernachlässigen: Der Shuntwiderstand ist temperaturabhängig entsprechend der Funktion:

$$R_s = R_0(1 + a \cdot T) \quad (1)$$

5 Anhand Figur 1 wird weiterhin verdeutlicht, dass mittels thermischer Kopplung von Shunt 1 und Messeinrichtung 5 der Temperaturgang des Shuntwiderstandes durch einen gleichgroßen Temperaturgang einer Referenzspannungsquelle 6 mit dem Widerstand entsprechender Funktion

10
$$U_{ref} = U_0(1 + a \cdot T) \quad (2)$$

kompensiert wird.

In den Figuren 2 und 3 sind die Signale für eine logarithmische Kompression/Expansion dargestellt, in den Figuren 4 und 15 5 für eine Wurzel/Quadrat - Kompression/Expansion. Die diesbezüglichen Kennlinien sind mit 21, 31, 41 und 51 bezeichnet.

In Figur 6 ist eine Messeinrichtung für die Strom- und Spannungsmessung in einem 3-Phasensystem mit Phasen L1, L2 und L3 20 dargestellt. Der Auswertekanal für L1 ist komplett ausgeführt, die identischen Kanäle für L2 und L3 nur teilweise. Wesentlich ist hier, dass drei identische Shuntwiderstände 61, 61', 61'' in den einzelnen Kanälen vorhanden sind, die jeweils mit einer Messeinheit 60 entsprechend der Messeinrichtung 5 gemäß Figur 1 verbunden sind. 25

Sowohl die Spannungsversorgung auf hohem als auch die Spannungsversorgung auf niedrigem Potential werden über den Spannungsteiler 66, 66' und 67, 67' aus dem Netz gewonnen. Weiterhin sind Widerstände 69, 69' auf hohem Potential und weitere Schaltelemente, wie Kondensatoren und Sperrdioden, vorhanden, wobei pauschal die Mittel zur Signalgleichrichtung mit 64, 64' bezeichnet sind. 30

35 Die Schaltglieder, mit denen die gewünschte Signalkompression bzw. die diesbezüglich umgekehrte Signalexpansion entsprechend den beispielhaft in den Figuren 2 bis 5 gezeigten

Kennlinien bewirkt wird, ist in Figur 6 in die Messeinheit 60 integriert.

In Figur 6 ist der Neutralleiter N mit den Verbrauchern 70, 70', 70'' verbunden und es ist ein Sternpunkt gebildet. Alternativ bilden die drei Spannungsteiler einen künstlichen Sternpunkt im Schaltgerät, wenn der Neutral-Leiter nicht angeschlossen wird, was aus Kostengründen dem Normalfall entspricht.

Die Spannungsabfälle an den unteren bzw. oberen Widerständen können alternativ für die Spannungsmessung herangezogen werden. Falls die obere Spannung gemessen wird, werden beide Messwerte, d.h. Strom und Spannung, über den modulierten Versorgungstrom auf niedriges Potential übertragen.

In Figur 7 ist eine Schaltungsanordnung mit Messeinheit 60 entsprechend Figur 6 aufgebaut. Vom Shunt 71 mit Beschaltungselementen 72 werden über eine Regeleinheit 73 und einen Gleichrichter 74 Spannungsteiler angesteuert: Im Einzelnen sind hier Spannungsteiler aus Widerständen 76, 76' und 77, 77' sowie alternativ 79, 79' aufgebaut, wobei die Stromversorgung alternativ auf hohem oder niedrigem Potential erfolgen.

Dem in Figur 7 - entsprechend Figur 1 - vorhandenen Verstärker 2 und dem AD-Wandler 3 ist ein Differentialverstärker 78' nachgeschaltet, der über nicht weiter bezeichnete Kondensatoren kapazitiv an die Spannungsteiler angekoppelt ist.

Zusätzlich sind Mittel zur Kurzschluss- bzw. Überlastabschaltung vorhanden: Für diesen Zweck enthält die Schaltung über die bereits beschriebenen Elemente eine Vorrichtung aus zwei Komparatoren 85 und 95 mit zwei voneinander unabhängigen, jeweils einstellbaren Schwellwerten. Der erste Komparator 85 vergleicht den momentanen Stromwert mit der Schwelle I und gibt bei Überschreitung ein Signal zur Kurzschlusserkennung

aus, mit dem der Hauptstromkreis abgeschaltet werden kann. Der zweite Komparator 95 vergleicht den momentanen Temperaturwert der Last, der mit Hilfe eines thermischen Modells 94 gewonnen wird, mit der Schwelle II und gibt bei Überschreitung ein Signal zur Überlasterkennung aus, mit dem der Hauptstromkreis abgeschaltet werden kann. Es kann auch nur einer der beiden Komparatoren vorgesehen sein.

Von den parallelen Spannungsteilern mit den Widerständen 76, 76' und 77, 77' bzw. 79, 79' wird über einen Differentialverstärker 78 ein Signal auf die Auswerteeinheit 75 auf niedrigem Potential gegeben. Die Auswerteeinheit 75 kann ein Mikrocontroller sein und entspricht der Einheit 65 aus Figur 6.

Das beschriebene Verfahren mit zugehöriger Schaltungsanordnung eignet sich besonders zur Strommessung auf Potential und Auswertung der Messsignale, die auf gegenüber Nullpotential höherem Potential als Analogwert anfallen und deren Messinformation nach einer A/D-Wandlung als Digitalsignal zu einer auf Erdpotential liegenden Auswerteeinheit übertragen werden. Dabei liefert das erzeugte Digitalsignal den Takt für eine Modulation des Versorgungsstromes und erfüllt somit gleichermaßen die Funktion des Trägers für den Informationsgehalt des Messsignals. Vorteilhafterweise werden gekrümmte Kennlinien zur Kompression/Dekompression der Signale verwendet. Gleichermaßen sind geeignete Mittel zur Temperaturkompensation vorhanden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Strommessung auf einem Potential, das auf einem gegenüber Nullpotential höherem Wert liegt, wobei der
5 Stromwert als Analogsignal gemessen wird und dessen Information nach einer A/D-Wandlung als Digitalsignal zu einer auf Erdpotential liegenden Auswerteeinheit übertragen wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Analogsignal vor der A/D-Wandlung und Übertragung einer Kompression und dass das Digitalsignal nach der Übertragung auf Erdpotential einer Expansion unterzogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Kompression und die Expansion
15 logarithmisch erfolgen.
3. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Kompression und die Expansion nach Vorgabe von Wurzelfunktionen erfolgen.
- 20 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eine Temperaturkompensation erfolgt.
- 25 5. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zur Temperaturkompensation eine thermische Kopplung von Messeinrichtung und Shunt vorgenommen wird.
- 30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zur Auswertung eines Messsignals, das auf gegenüber Nullpotential höherem Potential als Analogwert in einer Messeinrichtung, die einen Versorgungsstrom benötigt, vorliegt, mit folgenden Maßnahmen:
- 35 - der komprimierte Informationsgehalt des Messsignals wird nach der A/D-Wandlung als Digitalsignal zu der auf Erdpotential liegenden Auswerteeinheit übertragen,

- nach der A/D-Wandlung des Messsignals liefert das erzeugte Digitalsignal den Takt für eine Modulation des Versorgungsstromes, so dass der modulierte Versorgungsstrom der Messeinrichtung gleichermaßen die Funktion des Trägers für den Informationsgehalt des Messsignals erfüllt.

7. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 6, zwecks Anwendung bei der Strommessung an einem Shunt, bei dem der Spannungsabfall als Maß für den Strom nach Verstärkung ausgewertet wird, mit einem Shunt (1; 61, 61', 61''; 71), einem Verstärker (2) für das am Shunt (1; 61, 61', 61''; 71) abgegriffene Spannungssignal, einem Analog/Digital-Wandler (3) und einer Auswerteeinheit (5, 65, 7) sowie mit Mitteln zur Stromversorgung der Messkomponenten (2, 3), d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass weitere Mittel (4, 6) zur Signalkompression und zur Signalexpansion vorhanden sind.

8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zusätzlich Mittel zur Temperaturkompensation vorhanden sind.

9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass vor dem A/D-Wandler (3) eine Einheit zur Signalkompression geschaltet ist.

10. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Mittel zur Signalexpansion in die Auswerteeinheit (5, 65, 75), vorzugsweise softwaremäßig im vorhandenen Mikrokontroller, integriert sind.

11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass Mittel zur Temperaturkompensation eine temperaturabhängige Referenzspannungsquelle (6) aufweisen.

12. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass Mittel
(85, 95) zur Kurzschlussabschaltung und/oder Überlastabschal-
tung vorhanden sind.

5

13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12, dadurch
gekennzeichnet, dass ein erster Komparator
(85) vorhanden ist, der den Momentanwert des Stromes mit ei-
nem ersten Schwellwert vergleicht und bei Überschreiten ein
10 Signal zur Kurzschlussabschaltung erzeugt.

10

14. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12, dadurch
gekennzeichnet, dass ein zweiter Komparator
(95) vorhanden ist, der die momentane Temperatur der Last mit
15 einem zweiten Schwellwert vergleicht und bei Überschreiten
ein Signal zur Überlastabschaltung ausgibt.

15

15. Schaltungsanordnung nach Anspruch 14, dadurch
gekennzeichnet, dass ein thermisches Modell
20 (94) der Last vorhanden ist, mit dem die aktuelle Temperatur
der Last (80) aus dem gemessenen Strom ermittelt wird.

20

FIG 1

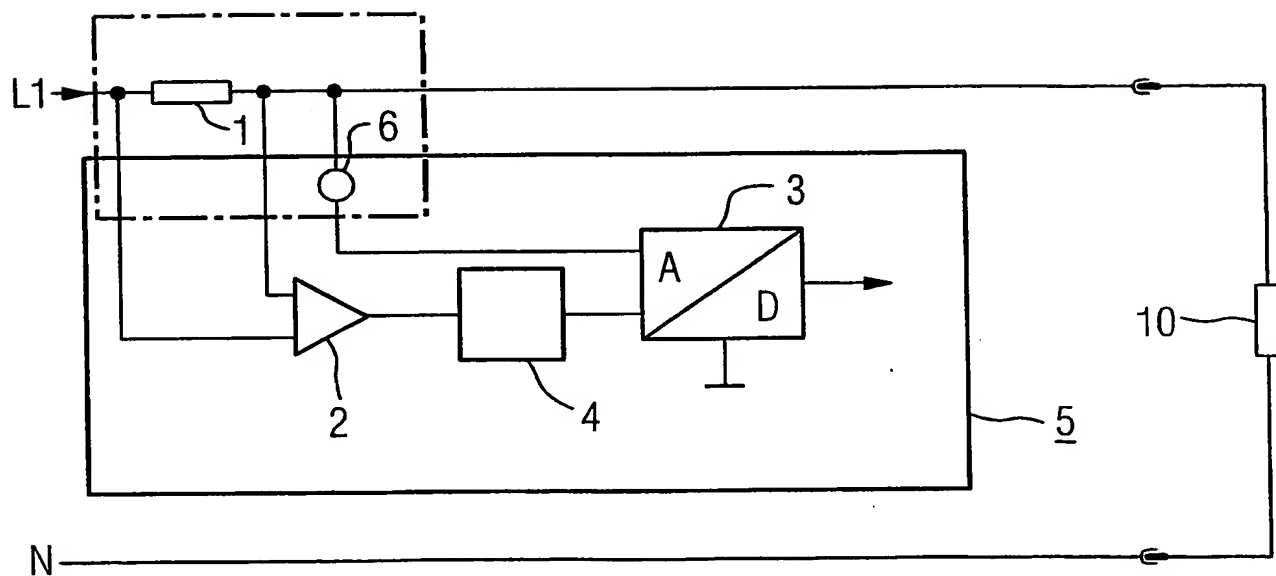


FIG 2

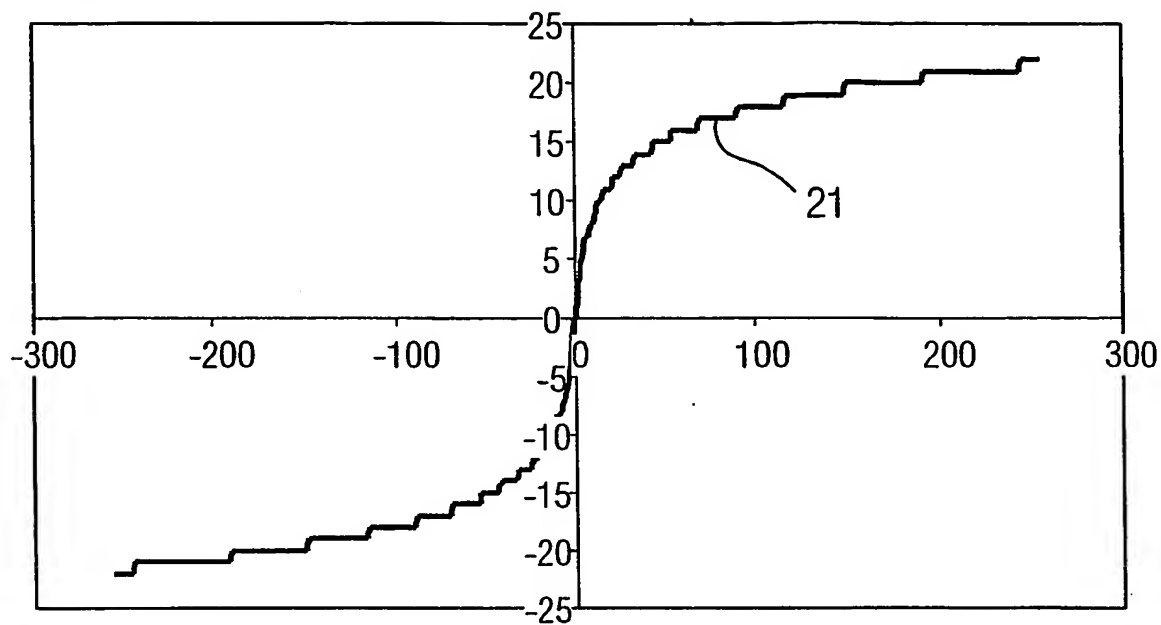


FIG 3

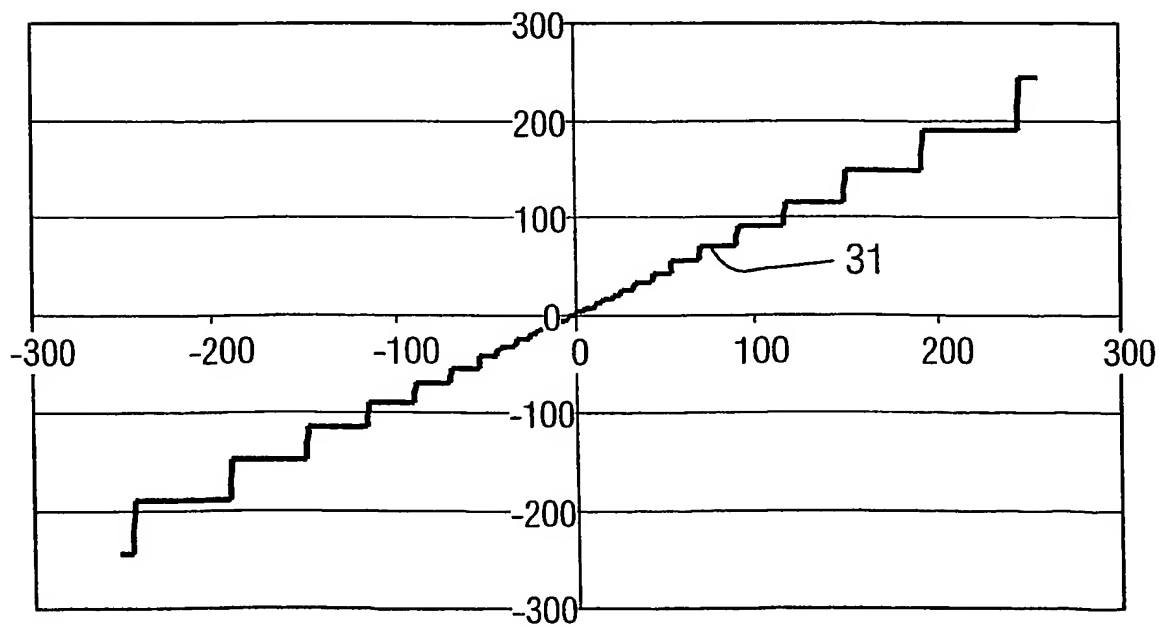


FIG 4

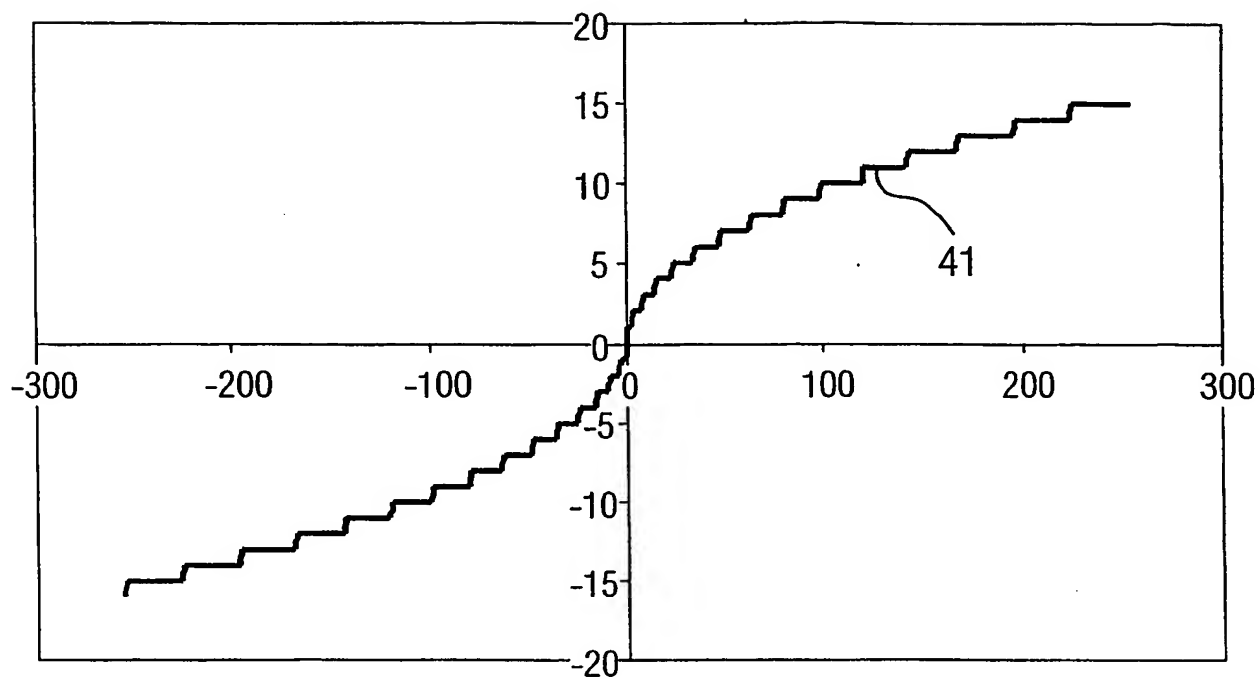


FIG 5

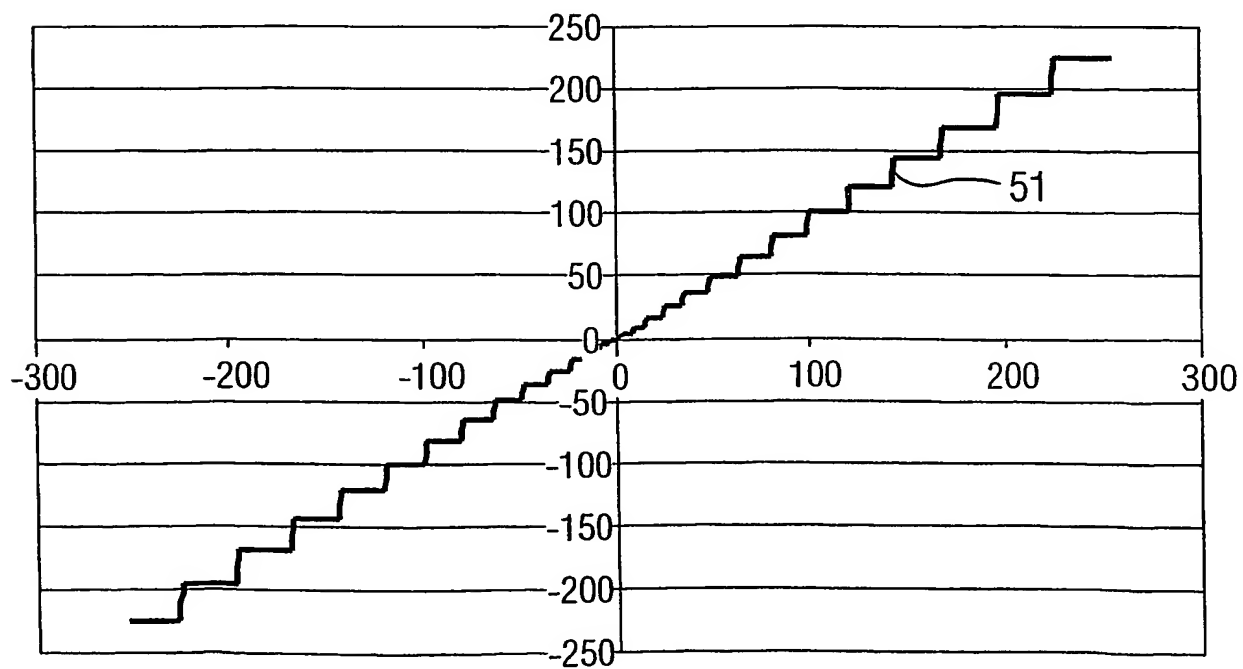


FIG 6

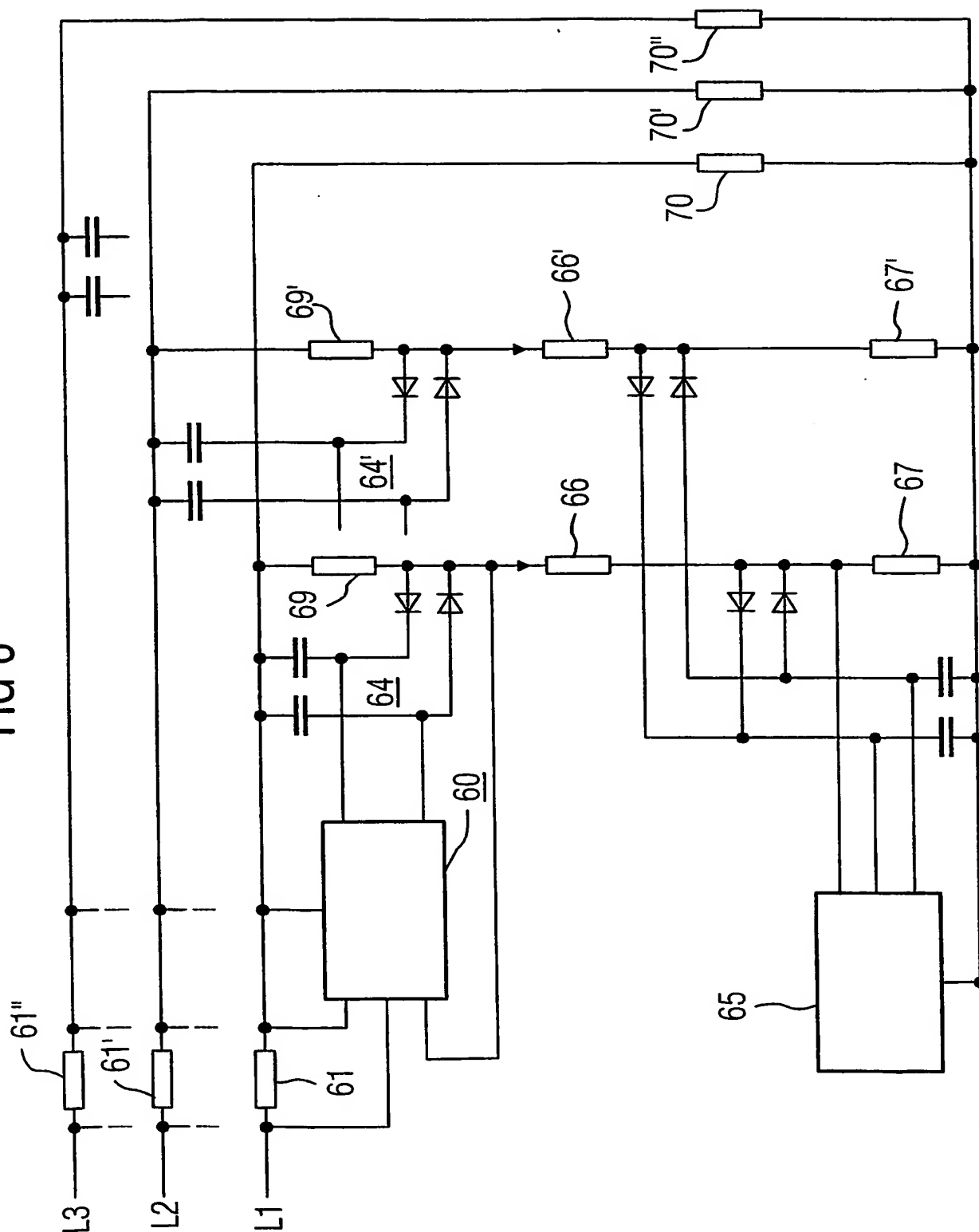
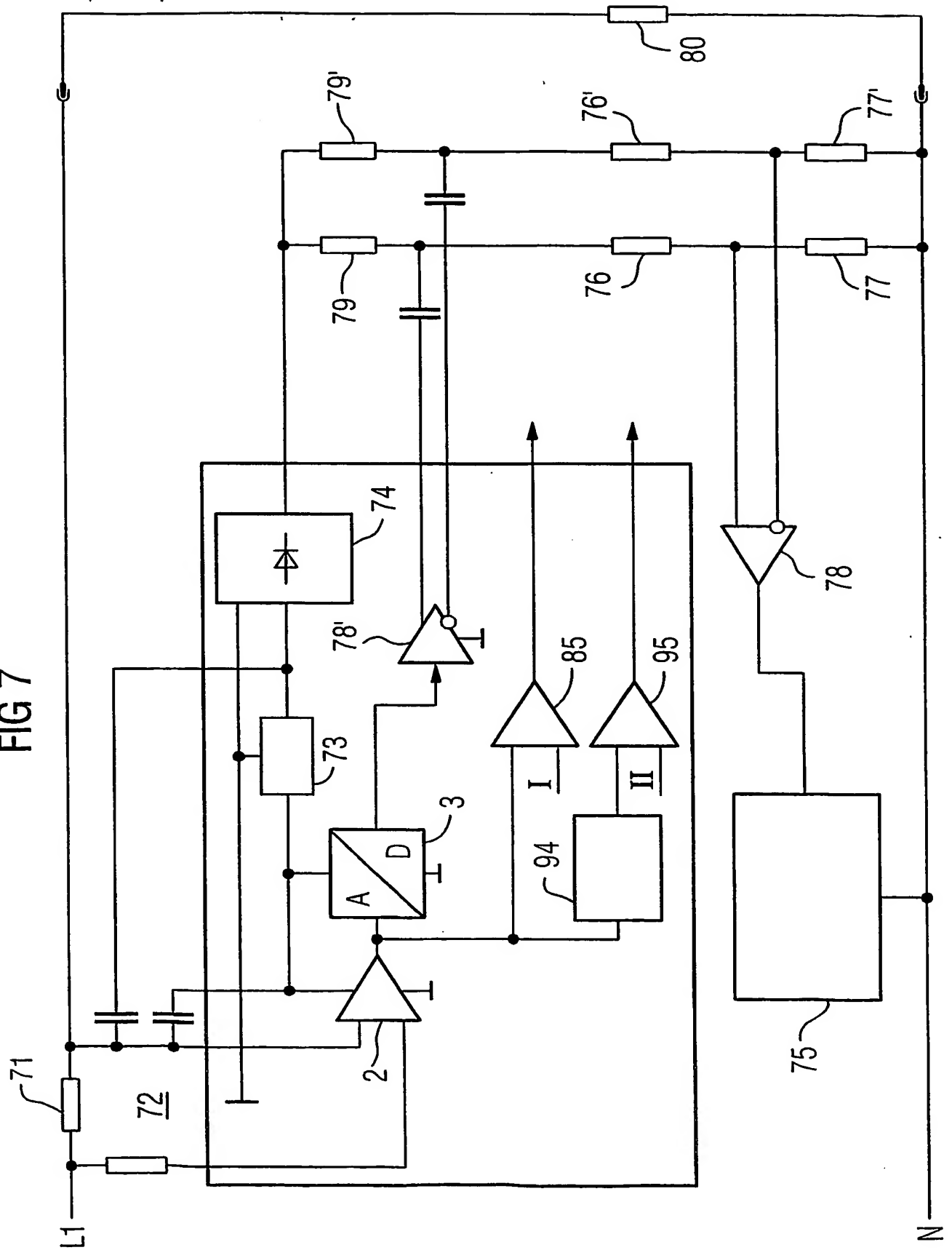


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/D/03/02660

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01R15/14 G01R19/00 G01R19/252

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 522 515 A (HARNER ROBERT H) 4 August 1970 (1970-08-04)	1,2,7,9, 10,12
Y	column 2, line 58 -column 5, line 23; figure 1	3-6,8, 11,13-15
Y	US 6 028 426 A (CAMERON ROBERT FRASER ET AL) 22 February 2000 (2000-02-22)	4,5,8, 11,14,15
Y	FR 2 541 777 A (SAFT S. A.) 31 August 1984 (1984-08-31)	6,13
A	page 4, line 22 -page 9, line 14; figures 1,2	1,7
Y	US 3 289 078 A (RATZ ALFRED G) 29 November 1966 (1966-11-29)	3
	column 2, line 7 - line 42	
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 February 2004

Date of mailing of the international search report

12/03/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Koll, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat. Application No.

PCT/03/02660

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 587 (P-983), 25 December 1989 (1989-12-25) -& JP 01 250766 A (TOSHIBA CORP), 5 October 1989 (1989-10-05) abstract ---	1,7
A	DE 199 10 755 A (INT RECTIFIER CORP) 28 October 1999 (1999-10-28) abstract; figure 3 ---	1,7
A	US 4 760 343 A (VAILLANCOURT ET AL) 26 July 1988 (1988-07-26) column 6, line 1 - line 12; figure 6 ---	1,7
A	SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED Week 8517 Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 1985-104015 XP002271338 -& SU 1 117 537 A (MOSC POWER INSTITUTE), 7 October 1984 (1984-10-07) abstract -----	1,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internat

pplication No

PCT

U3/02660

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3522515	A	04-08-1970	GB 1121719 A	31-07-1968
			GB 1121720 A	31-07-1968
			US 3460042 A	05-08-1969
US 6028426	A	22-02-2000	CA 2244692 A1	19-02-1999
FR 2541777	A	31-08-1984	FR 2541777 A1	31-08-1984
US 3289078	A	29-11-1966	NONE	
JP 01250766	A	05-10-1989	JP 2724152 B2	09-03-1998
DE 19910755	A	28-10-1999	DE 19910755 A1	28-10-1999
			GB 2336961 A ,B	03-11-1999
			IT MI990524 A1	12-09-2000
			JP 11289771 A	19-10-1999
			US 6215435 B1	10-04-2001
US 4760343	A	26-07-1988	NONE	
SU 1117537	A	07-10-1984	SU 1117537 A1	07-10-1984

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Aktenzeichen

PCT/EP 03/02660

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01R15/14 G01R19/00 G01R19/252

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 522 515 A (HARNER ROBERT H) 4. August 1970 (1970-08-04)	1,2,7,9, 10,12
Y	Spalte 2, Zeile 58 -Spalte 5, Zeile 23; Abbildung 1	3-6,8, 11,13-15
Y	US 6 028 426 A (CAMERON ROBERT FRASER ET AL) 22. Februar 2000 (2000-02-22) Spalte 1, Zeile 38 -Spalte 5, Zeile 20; Abbildungen 1,2	4,5,8, 11,14,15
Y	FR 2 541 777 A (SAFT S. A.) 31. August 1984 (1984-08-31)	6,13
A	Seite 4, Zeile 22 -Seite 9, Zeile 14; Abbildungen 1,2	1,7
Y	US 3 289 078 A (RATZ ALFRED G) 29. November 1966 (1966-11-29) Spalte 2, Zeile 7 - Zeile 42	3
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

g Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Februar 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

12/03/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Koll, H

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESCHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 587 (P-983), 25. Dezember 1989 (1989-12-25) -& JP 01 250766 A (TOSHIBA CORP), 5. Oktober 1989 (1989-10-05) Zusammenfassung ----	1,7
A	DE 199 10 755 A (INT RECTIFIER CORP) 28. Oktober 1999 (1999-10-28) Zusammenfassung; Abbildung 3 ----	1,7
A	US 4 760 343 A (VAILLANCOURT ET AL) 26. Juli 1988 (1988-07-26) Spalte 6, Zeile 1 - Zeile 12; Abbildung 6 ----	1,7
A	SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED Week 8517 Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 1985-104015 XP002271338 -& SU 1 117 537 A (MOSC POWER INSTITUTE), 7. Oktober 1984 (1984-10-07) Zusammenfassung -----	1,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die dem Anmelder bekannt sind

Internat. Kl. Zeichen

PCT/D/3/02660

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3522515 A	04-08-1970	GB 1121719 A	31-07-1968
		GB 1121720 A	31-07-1968
		US 3460042 A	05-08-1969
US 6028426 A	22-02-2000	CA 2244692 A1	19-02-1999
FR 2541777 A	31-08-1984	FR 2541777 A1	31-08-1984
US 3289078 A	29-11-1966	KEINE	
JP 01250766 A	05-10-1989	JP 2724152 B2	09-03-1998
DE 19910755 A	28-10-1999	DE 19910755 A1	28-10-1999
		GB 2336961 A ,B	03-11-1999
		IT MI990524 A1	12-09-2000
		JP 11289771 A	19-10-1999
		US 6215435 B1	10-04-2001
US 4760343 A	26-07-1988	KEINE	
SU 1117537 A	07-10-1984	SU 1117537 A1	07-10-1984